

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

Kajian Numerik Pengaruh Efek Proksimitas Pada Sifat Magnet Superkonduktor
Tipe-II Berbentuk Persegi Panjang

Oleh:

Muhammad Naufal Indriatmoko
M0213051

Telah Disetujui Oleh

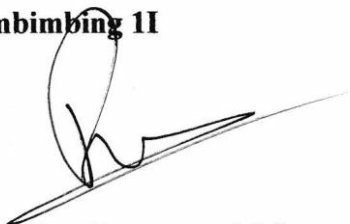
Pembimbing 1



Dr. Fuad Anwar S.Si., M.Si.
NIP 197006102000031001

Tanggal : 28 Juli 2017

Pembimbing II



Drs. Hery Purwanto M.Sc.
NIP 195905181987031002

Tanggal : 28 Juli 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: Kajian Numerik Pengaruh Efek Proksimitas Pada Sifat Magnet Superkonduktor Tipe-II Berbentuk Persegi Panjang

Yang ditulis oleh:

Nama : Muhammad Naufal Indriatmoko

NIM : M0213051

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Kamis.....

Tanggal : 3 Agustus 2017

Dewan Penguji:

1. Ketua Penguji
Mohtar Yuniarto, S.Si., M.Si.
NIP 198006302005011001
2. Sekretaris Penguji
Dra. Riyatun, M.Si.
NIP 196802261994022001
3. Anggota Penguji I
Dr. Fuad Anwar, S.Si., M.Si.
NIP 197006102000031001
4. Anggota Penguji II
Drs. Hery Purwanto, M.Sc.
NIP 195905181987031002



Disahkan pada tanggal 11-09-2017
Oleh

Kepala Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. Fahru Nurosyid S.Si., M.Si.
NIP 19721013 200003 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “KAJIAN NUMERIK PENGARUH EFEK PROKSIMITAS PADA SIFAT MAGNET SUPERKONDUKTOR TIPE-II BERBENTUK PERSEGI PANJANG” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini isi Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau diphotocopy secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.

Surakarta, 1 Agustus 2017

MUHAMMAD NAUFAL INDRIATMOKO

Kajian Numerik Pengaruh Efek Proksimitas Pada Sifat Magnet Superkonduktor Tipe-II Berbentuk Persegi Panjang

MUHAMMAD NAUFAL INDRIATMOKO

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Kajian efek proksimitas pada sifat magnet superkonduktor tipe-II berbentuk persegi panjang telah berhasil dilakukan. Kajian dilakukan secara numerik dengan persamaan dasarnya yaitu persamaan Ginzburg-Landau Gayut Waktu (TDGL). Superkonduktor ditempatkan berbatasan dengan bahan lain bukan superkonduktor (metal). Medan magnet luar yang seragam diberikan pada superkonduktor pada arah sumbu- z . Efek proksimitas atau kondisi batas de Gennes lewat panjang ekstrapolasi (b') memperhitungkan perubahan sifat magnet akibat dari superkonduktor berbatasan dengan bahan lain. Untuk masukan program simulasi, terdapat tiga variasi dimensi dengan basis 12×12 dan 32×32 serta lima variasi harga b' . Hasil dari penelitian ditemukan bahwa medan kritis rendah H_{C1} akan menurun ketika harga b' dinaikkan, berlaku pada seluruh superkonduktor persegi panjang kecuali ukuran 16×64 . Harga H_{C3} naik ketika efek proksimitas dinaikkan, berlaku pada seluruh variasi masukan. Diketahui juga bahwa efek proksimitas lebih berpengaruh pada superkonduktor dengan rasio keliling per luas yang besar.

Kata kunci: Superkonduktor, efek proksimitas, metode ψU , persegi panjang

Numerical Study of Proximity Effect on Magnetic Properties of Rectangular Type-II Superconductor

MUHAMMAD NAUFAL INDRIATMOKO

Physics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sebelas Maret University

ABSTRACT

Study of proximity effect on critical field of a rectangular type-II superconductor has been done. It was a numerical study using with Time Dependent Ginzburg Landau (TDGL) equations as the basis. The superconductor conditioned in boundary with a non-superconducting material (i.e. metal). A uniform external field was applied to the superconductor in the direction of z -plane. Proximity effect or de Gennes boundary condition via extrapolation length (b) took account the properties caused by superconductor in contact with different material. As input to the simulation, we had three different dimensions each with a basis of 12×12 and 32×32 and five varying value of b . We found that the lower critical field H_{c1} will decrease as the increasing value of b for all the rectangular superconductor, except for the size of 16×64 . The value of H_{c3} increases when the value of proximity is raised. It is true for all input variations. We also concluded that the proximity effect is more impactful to a superconductor with high ratio of circumference to area.

Keywords: Superconductor, proximity effect, ψU method, rectangular

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini penulis beri judul "Kajian Numerik Pengaruh Efek Proksimitas Pada Sifat Magnet Superkonduktor Tipe-II Berbentuk Persegi Panjang". terselesaikannya Skripsi ini adalah suatu kebahagiaan bagi saya. Setelah sekitar satu semester penulis harus berjuang untuk bisa menyelesaikan Skripsi ini tepat waktu. Dengan segala suka dan dukanya, pada akhirnya Skripsi ini terselesaikan juga. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan Skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Ayah, ibu dan adik-adik yang sudah membantu baik secara moral dan material dalam penyelesaian Skripsi ini.
2. Bapak Dr. Fuad Anwar S.Si., M.Si. sebagai pembimbing I yang telah banyak bersabar dan meluangkan waktunya untuk membimbing saya selama penyelesaian Skripsi ini.
3. Brian Acton dan Jan Koum yang sudah menemukan aplikasi Whatsapp sehingga memungkinkan adanya grup seperti EMF XIII, Bismillah Bahagia, Dolphin Family, KOMMUN dll yang tak pernah bosan memberikan semangat kepada saya untuk menyelesaikan Skripsi ini.
4. Rekan-rekan sesama pejuang Skripsi yang sudah selesai terlebih dahulu sehingga mendorong saya untuk segera menyusul.

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amiin.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat.

Surakarta, 1 Agustus 2017

M NAUFAL INDRIATMOKO

PUBLIKASI

Sebagian Skripsi saya yang berjudul “Kajian Numerik Pengaruh Efek Proksimitas Pada Sifat Magnet Superkonduktor Tipe-II Berbentuk Persegi Panjang” telah dipresentasikan pada seminar Internasional ICSAS 2017 di Surakarta, pada tanggal 29 Juli 2017.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN ABSTRAK	v
HALAMAN ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN PUBLIKASI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMBANG	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Sejarah Singkat dan Definisi Superkonduktor	6
2.2. Superkonduktor Bongkahan	9
2.3. Teori Superkonduktor	11
2.4. Teori London	12
2.5. Teori Ginzburg-Landau	14
2.6. Ginzburg-Landau Gayut Waktu	16
2.7. Syarat Batas	17

2.8. Program Simulasi	17
2.8.1. Asumsi Awal	18
2.8.2. Persamaan Ginzburg-Landau Gayut Waktu	19
2.8.3. Normalisasi Persamaan TDGL	20
2.8.4. Diskretisasi Persamaan TDGL	22
2.8.5. Persamaan Syarat Batas	24
2.8.6. Besaran yang Dikaji	25
2.8.7. Diagram Alir Program Simulasi	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2. Alat dan Bahan	27
3.2.1. Alat yang Digunakan Dalam Penelitian	27
3.2.2. Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian	27
3.3. Metode Penelitian	28
3.3.1. Asumsi Penelitian	28
3.3.2. Data Masukan	28
3.3.3. Langkah Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Ringkasan Alur Program Simulasi	31
4.2. Analisis Grafik $\langle \Psi' ^2 \rangle - H'_{ext}$, $\langle M' \rangle - H'_{ext}$, H_{c1} dan H_{c3}	32
4.3. Analisis Grafik Permukaan $ \Psi'(x', y') ^2$	38
BAB V PENUTUP	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Besaran normalisasi beserta definisinya	21
Tabel 3.1. Masukan konstan	28
Tabel 3.2. Masukan variasi	29

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Hambatan jenis Hg di 4,2 K	7
Gambar 2.2. Efek Meissner pada superkonduktor	8
Gambar 2.3. Sejarah perkembangan bahan superkonduktor	8
Gambar 2.4. Grafik antara magnetisasi bahan terhadap medan magnet luar pada (a) superkonduktor tipe I dan (b) superkonduktor tipe II	10
Gambar 2.5. Diagram fase superkonduktor tipe I dan II; S_M = efek Meissner, S_V = keadaan campuran, N = keadaan normal	11
Gambar 2.6. Panjang penetrasi London	14
Gambar 2.7. Gambaran superkonduktor yang diteliti	19
Gambar 2.8. Gambaran superkonduktor berdasarkan metode ψU	23
Gambar 2.9. Keadaan batas superkonduktor yang diteliti	25
Gambar 2.10. Diagram alir program proksimitas	26
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	30
Gambar 4.1. Grafik (a) $\langle \Psi' ^2 \rangle - H'_{ext}$ dan (b) $\langle M' \rangle - H'_{ext}$ untuk grid 9×16	34
Gambar 4.2. Grafik (a) $\langle \Psi' ^2 \rangle - H'_{ext}$ dan (b) $\langle M' \rangle - H'_{ext}$ untuk grid 8×18	34
Gambar 4.3. Grafik (a) $\langle \Psi' ^2 \rangle - H'_{ext}$ dan (b) $\langle M' \rangle - H'_{ext}$ untuk grid 12×12	35
Gambar 4.4. Grafik (a) $\langle \Psi' ^2 \rangle - H'_{ext}$ dan (b) $\langle M' \rangle - H'_{ext}$ untuk grid 16×64	35
Gambar 4.5. Grafik (a) $\langle \Psi' ^2 \rangle - H'_{ext}$ dan (b) $\langle M' \rangle - H'_{ext}$ untuk grid 8×128	36
Gambar 4.6. Grafik (a) $\langle \Psi' ^2 \rangle - H'_{ext}$ dan (b) $\langle M' \rangle - H'_{ext}$ untuk grid 32×32	36
Gambar 4.7. Harga H_{c1} untuk kelompok ukuran kecil	36

Gambar 4.8.	Harga H_{c3} untuk kelompok ukuran kecil	37
Gambar 4.9.	Harga H_{c1} untuk kelompok ukuran besar	37
Gambar 4.10.	Harga H_{c3} untuk kelompok ukuran besar	37
Gambar 4.11.	Grafik permukaan untuk grid 9×16 , dari kiri ke kanan berturut-turut $H'_{ext} = 0,119; 0,599; 0,839; 1,299$ dan $H'_{ext} = 1,499$	38
Gambar 4.12.	Grafik permukaan untuk grid 8×18 , dari kiri ke kanan berturut-turut $H'_{ext} = 0,119; 0,699; 0,919; 1,339$ dan $H'_{ext} = 1,499$	39
Gambar 4.13.	Grafik permukaan untuk grid 12×12 , dari kiri ke kanan berturut-turut $H'_{ext} = 0,119; 0,599; 0,839; 1,199$ dan $H'_{ext} = 1,499$	39
Gambar 4.14.	Grafik permukaan untuk grid 16×64 , dari kiri ke kanan berturut-turut $H'_{ext} = 0,119; 0,299; 0,499; 1,019$ dan $H'_{ext} = 1,399$	40
Gambar 4.15.	Grafik permukaan untuk grid 8×128 , dari kiri ke kanan berturut-turut $H'_{ext} = 0,119; 0,699; 0,979; 1,219$ dan $H'_{ext} = 1,499$	40
Gambar 4.16.	Grafik permukaan untuk grid 32×32 , dari kiri ke kanan berturut-turut $H'_{ext} = 0,119; 0,399; 0,499; 1,019$ dan $H'_{ext} = 1,399$	41

DAFTAR LAMBANG

A	: Potensial vektor magnet (Wb/m)
B	: Induksi magnet (T)
b	: Panjang ekstrapolasi (m)
D	: Konstanta difusi fenomenologi
E	: Kuat medan listrik (V/m)
e	: Muatan elektron normal (C)
e_s	: Muatan elektron super $2e$ (C)
H	: Intensitas magnet (A/m)
H_c	: Medan kritis superkonduktor (A/m)
H_{c1}	: Medan kritis rendah superkonduktor (A/m)
H_{c2}	: Medan kritis tinggi superkonduktor (A/m)
H_{c3}	: Medan kritis permukaan superkonduktor (A/m)
h	: Tetapan Planck (J.s)
J	: Rapat arus listrik (A/m ²)
J_s	: Rapat arus listrik super (A/m ²)
M	: Magnetisasi (A/m)
m	: Massa elektron (kg)
m_s	: Massa elektron super (kg)
n_s	: Rapat elektron super (C/m ²)
v_s	: Kelajuan elektron super (m/s)
r	: Posisi
T	: Suhu (K)
T_c	: Suhu kritis (K)
t	: Waktu (s)
U^x	: Peubah pautan potensial vektor magnet pada arah sumbu x
U^y	: Peubah pautan potensial vektor magnet pada arah sumbu y
x	: Komponen posisi pada arah sumbu x
y	: Komponen posisi pada arah sumbu y
z	: Komponen posisi pada arah sumbu z
α	: Koefisien ekspansi rapat energi bebas Gibbs pertama
β	: Koefisien ekspansi rapat energi bebas Gibbs kedua
κ	: Parameter Ginzburg-Landau
λ	: Panjang penetrasi (m)

μ_0	: Permeabilitas ruang hampa (H/m)
ε_0	: Permittivitas ruang hampa (F/m)
ψ	: Parameter benahan
ξ	: Panjang koherensi (m)
ρ	: Hambat jenis listrik ($\Omega \cdot \text{m}$)
σ	: Konduktivitas listrik (S/m)
Φ	: Potensial listrik (V)
ϕ_0	: Kuantisasi fluks magnet vortex (Wb)
χ	: Suseptibilitas magnet

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A1 : Harga H_{c1} dan H_{c3} keseluruhan data	46
Lampiran A2 : Daftar harga rasio keliling per luas dari keseluruhan variasi dimensi	47